

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 100 57 936 A 1

(5) Int. Cl. 7:  
F 01 N 9/00

DE 100 57 936 A 1

(21) Aktenzeichen: 100 57 936.1  
(22) Anmeldetag: 22. 11. 2000  
(23) Offenlegungstag: 23. 5. 2002

(71) Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

(74) Vertreter:  
Schneider, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 10117 Berlin

(72) Erfinder:  
Hinze, Sören, 38114 Braunschweig, DE; Hahn, Hermann, 38165 Lehre, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:  
DE 198 44 082 C1  
DE 198 02 631 C1  
DE 197 47 222 C1  
DE 197 05 335 C1  
DE 198 51 843 A1  
DE 198 50 786 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Regeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators

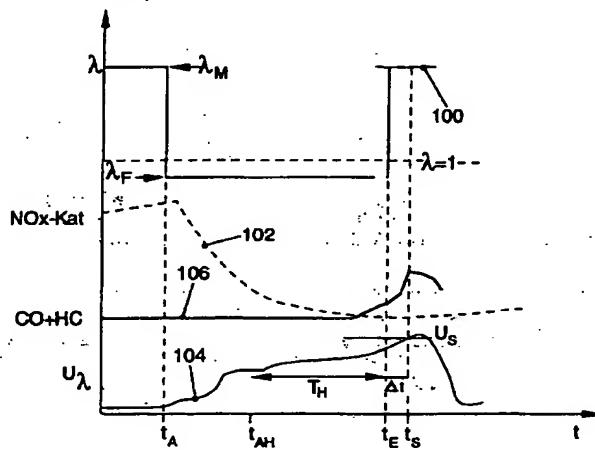
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur NO<sub>x</sub>-Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerlaufähigen Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators, wobei der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer fetten bis stöchiometrischen Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators angeordnete sauerstoffsensitive Messeinrichtung bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, sowie eine Vorrichtung zur Regeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators.

Es ist vorgesehen, dass

(a) während der NO<sub>x</sub>-Regeneration das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung (20) hochgerechnet wird und auf Basis des hochgerechneten Signals ein theoretischer Zeitpunkt ( $t_g$ ) bestimmt wird, an dem ein vorgegebener Signalschwellenwert ( $U_s$ ) überschritten wird, und

(b) das Regenerationsende ( $t_e$ ) bestimmt wird, indem ein im wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator (18) entsprechende Zeitspanne ( $\Delta t$ ) von dem theoretischen Zeitpunkt ( $t_g$ ) substrahiert wird.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen gewährleisten eine weitgehende Unterdrückung von Schadstoffemissionen am Ende einer Regeneration.



DE 100 57 936 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung einer Regeneration eines NO<sub>x</sub> Speicherkatalysators in einem Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine sowie eine Vorrichtung zur Durchführung der Regeneration mit den im Oberbegriff der Ansprüche 1 und 11 genannten Merkmalen.

[0002] Verbrennungskraftmaschinen, die aus Gründen einer Verbrauchsoptimierung wenigstens zeitweise in einem mageren Betriebsmodus, das heißt mit einem sauerstofffreien Abgas mit  $\lambda > 1$ , betrieben werden, produzieren Stickoxide NO<sub>x</sub> in einem stöchiometrischen Überschuss. Dies hat zur Folge, dass bei einer katalytischen oxidativen Umsetzung von unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC und Kohlenmonoxid CO Stickoxide NO<sub>x</sub> nicht vollständig zu umweltneutralen Stickstoff umgesetzt werden. Zur Abhilfe ist bekannt, NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren in den Abgaskanälen von Verbrennungskraftmaschinen anzutreffen, die in mageren Betriebsphasen das NO<sub>x</sub> als Nitrat einzufangen. Um NO<sub>x</sub>-Durchbrüche aufgrund eines vollbeladenen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators zu vermeiden, muss der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator in wiederkehrenden Abständen regeneriert werden. Zu diesem Zweck wird die Verbrennungskraftmaschine kurzfristig in einen fetten oder stöchiometrischen Arbeitsmodus ( $\lambda \leq 1$ ) umgeschaltet. Infolgedessen steigt ein Reduktionsmittelmassenstrom des Abgases an, die als Nitrat eingelagerten Stickoxide werden desorbiert und katalytisch am NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator unter gleichzeitiger Oxidation von CO und HC umgesetzt.

[0003] In einfachen Verfahren wird eine Regenerationsdauer, während der der Speicherkatalysator mit der fetten Abgasatmosphäre beaufschlagt wird, fest vorgegeben. Nachteilig hieran ist, dass ein tatsächlicher Beladungszustand des NO<sub>x</sub> Speicherkatalysators und eine aktuelle Regenerationsrate desselben nicht berücksichtigt wird. Eine solche Vorgehensweise birgt die Gefahr, dass die Regenerationsdauer zu kurz oder zu lang gewählt wird, wobei im ersten Fall eine unvollständige Regeneration des Speichers und im zweiten Fall ein unnötiger Kraftstoffmehrverbrauch sowie eine Emission umweltschädlicher Reduktionsmittel (HC und CO) in Kauf genommen wird.

[0004] Verfeinerte Verfahren versuchen einen tatsächlichen Beladungszustand des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators anhand bestimmter Betriebsparameter während der letzten Magerphase abzuschätzen und leiten hieraus eine erforderliche Regenerationsdauer ab. Jedoch ist auch dieses Verfahren mit erheblichen Ungenauigkeiten behaftet, so dass sich auch hier unzweckmäßige NO<sub>x</sub>-Regenerationsdauern mit den genannten Folgen ergeben können.

[0005] Des Weiteren sind Verfahren bekannt, bei denen mit Hilfe einer stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators angeordneten Sensorik, die einen Sauerstoffanteil des Abgases misst, der Regenerationsverlauf überwacht wird. Dabei zeigt ein sinkender Sauerstoffanteil im Abgas einen vermindernden Reduktionsmittelumsatz am NO<sub>x</sub>-Speicher und somit steigende Anteile der Reduktionsmittel im Abgas an. Um Reduktionsmitteldurchbrüche zu vermeiden, wird die NO<sub>x</sub>-Regeneration abgebrochen, das heißt die Verbrennungskraftmaschine wieder in einen mageren Betriebsmodus umgeschaltet, sobald der gemessene Sauerstoffanteil einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet beziehungsweise eine Sensorspannung eine entsprechende Grenzspannung überschreitet. Dieses Verfahren ist mit dem Nachteil verbunden, dass der Sensor erst reagieren kann, wenn bereits ein gewisser Reduktionsmitteldurchbruch auftritt. Ferner ist zu diesem Zeitpunkt der gesamte Abgasweg zwischen Verbrennungskraftmaschine und NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator noch mit

fettem, das heißt reduktionsmittelhaltigem Abgas gefüllt. Diese Reduktionsmittel (HC und CO) gelangen dann weitgehend unkonvertiert als Schadstoffe in die Umwelt.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur NO<sub>x</sub>-Regeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators zur Verfügung zu stellen, welches hinsichtlich einer möglichst geringen Reduktionsmittelemission optimiert ist und gleichzeitig eine vollständige Regeneration des Speicherkatalysators gewährleistet. Es soll ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bereitgestellt werden.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung mit den in den unabhängigen Ansprüchen 1 und 11 genannten Merkmalen gelöst. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass

(a) während der NO<sub>x</sub>-Regeneration das sauerstoffabhängige Signal der stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators angeordneten Messeinrichtung hochgerechnet wird und auf Basis des hochgerechneten Signals ein theoretischer Zeitpunkt bestimmt wird, an dem ein vorgegebener Signalschwellenwert überschritten wird, und

(b) das Regenerationsende bestimmt wird, indem eine im wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine und NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator entsprechende Zeitspanne von dem theoretischen Zeitpunkt subtrahiert wird.

[0008] Indem also das Signal der Messeinrichtung hochgerechnet wird, kann mit einer ausreichenden Zuverlässigkeit das Erreichen des vorgegebenen Signalschwellenwertes im Voraus ermittelt werden. Dies ermöglicht die Berücksichtigung der Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine und NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator, so dass die NO<sub>x</sub>-Regeneration rechtzeitig, das heißt vor dem Auftreten eines Reduktionsmitteldurchbruches, abgebrochen werden kann. Insgesamt ermöglicht das Verfahren damit eine Verminderung der CO- und HC-Emission und eine Minimierung eines für die NO<sub>x</sub>-Regeneration notwendigen Kraftstoffmehrverbrauchs.

[0009] Die Hochrechnung des sauerstoffabhängigen Signals der Messeinrichtung erfolgt gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens anhand aktueller Betriebspa-  
rameter der Verbrennungskraftmaschine und/oder der Abgasanlage. Dies kann etwa ein aktuelles, der Verbrennungskraftmaschine zugeführtes Luft-Kraftstoff-Gemisch (Verbrennungslambda) und/oder ein Abgasmassenstrom und/oder eine Abgastemperatur und/oder eine Katalysatortemperatur sein. Die Genauigkeit der Hochrechnung kann weiterhin dadurch erhöht werden, dass sie unter Berücksichtigung eines Verhaltensmodells des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators erfolgt. Ein solches Verhaltensmodell kann etwa den Verlauf einer Regenerationsrate in Abhängigkeit von dem aktuellen Reduktionsmittelmassenstrom und/oder der Katalysatortemperatur beinhalten. Das Verhaltensmodell kann zudem den während der aktuellen Regeneration gemessenen Signalverlauf berücksichtigen. Eine vorteilhafte Weiterentwicklung des Verfahrens kann ferner erzielt werden, indem das Signal unter Berücksichtigung eines Verhaltensmodells der sauerstoffempfindlichen Messeinrichtung hochgerechnet wird. Dabei kann insbesondere eine Trägheit, also eine Zeitverzögerung, mit der die Messeinrichtung veränderte Abgasbedingungen anzeigt, aber auch eine aktuelle, etwa über einen Innenwiderstand gemessene, Temperatur der Messeinrichtung berücksichtigt werden.

[0010] Obwohl es prinzipiell möglich ist, die Abgaslaufzeit als Festwert vorzugeben, ist bevorzugt vorgesehen,

diese anhand aktueller Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine zu berechnen. Dabei kann auf bekannte Betriebsparameter wie Motorlast, Drehzahl oder Abgastemperatur oder auch andere geeignete Daten zurückgegriffen werden.

[0011] Da die Zuverlässigkeit der Hochrechnung des Signalverlaufes unter bestimmten extremen Randbedingungen vermindert werden kann, sieht eine bevorzugte Ausführung des Verfahrens vor, Grenzwerte für verschiedene Betriebsbedingungen der Verbrennungskraftmaschine und/oder der Abgasanlage vorzugeben und die Hochrechnung zu unterdrücken, wenn diese Grenzwerte nicht eingehalten werden. Dabei sind insbesondere Grenzwerte für den Abgasmassenstrom und/oder für die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators sinnvoll, da bei zu hohen Abgasmassenströmen oder zu niedrigen Katalysatortemperaturen die Regenerationsraten zu unstetig sind, um mit ausreichender Zuverlässigkeit hochgerechnet werden zu können. Die Signalhochrechnung kann vorteilhafterweise auch dann unterdrückt werden, wenn betriebspunktabhängige Störeinflüsse vorliegen, die eine irreguläre NO<sub>x</sub> Regeneration beeinflussen. Dies ist beispielsweise bei einer Schubabschaltung der Verbrennungskraftmaschine der Fall.

[0012] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt die Hochrechnung nicht während der gesamten Regenerationsdauer des Speicherkatalysators, sondern erst nach Verstreichen einer vorgegebenen Zeit nach Beginn der Regeneration und/oder nach Durchsatz einer vorgegebenen Abgasmasse und/oder nach Überschreiten einer vorgegebenen Mindestschwelle des Signals der Messeinrichtung. Durch diese Maßnahmen wird gewährleistet, dass der Signalverlauf bereits über eine gewisse Mindestdauer bekannt ist und somit zuverlässiger extrapoliert werden kann. Nach Beginn der Hochrechnung sollte der Signalverlauf weiterhin verfolgt werden, so dass die Hochrechnung ständig aktualisiert werden kann.

[0013] Die erfundungsgemäße Vorrichtung umfasst Mittel, mit denen die geschilderten Verfahrensschritte ausführbar sind. Die Mittel umfassen eine Steuereinheit, in der ein Algorithmus zur Steuerung der Verfahrensschritte in digitaler Form hinterlegt ist. Diese Steuereinheit kann vorteilhaft auch in einem Motorsteuergerät des Fahrzeugs integriert sein.

[0014] Die sauerstoffmessende Messeinrichtung kann eine stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators angeordnete Lambdasonde, insbesondere eine Breitband- oder eine Sprungantwort-Lambdasonde, sein oder ein NO<sub>x</sub>-Sensor, der über ein Lambdaausgangssignal verfügt.

[0015] Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

[0016] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0017] Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit einer Abgasanlage;

[0018] Fig. 2 zeitliche Verläufe verschiedener Abgasparameter während einer herkömmlichen NO<sub>x</sub>-Regeneration und

[0019] Fig. 3 zeitliche Verläufe verschiedener Abgasparameter während einer NO<sub>x</sub>-Regeneration gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0020] Der in der Fig. 1 dargestellten Verbrennungskraftmaschine 10 ist eine insgesamt mit 12 bezeichnete Abgasanlage zugeordnet. Die Abgasanlage 12 umfasst einen Abgaskanal 14, in dem ein in einer motornahen Position angeordneter Vorkatalysator 16 sowie ein großvolumiger NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator 18 angeordnet ist. Neben dem Katalysatorsystem 16, 18 beherbergt der Abgaskanal 14 üblicherweise

verschiedene, nicht gezeigte Gas- und/oder Temperatursensoren zur Regelung der Verbrennungskraftmaschine 10. Dargestellt ist hier lediglich eine sauerstoffempfindliche Messeinrichtung 20, die stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators 18 angeordnet ist. Die Messeinrichtung 20 kann beispielsweise eine Lambdasonde oder ein NO<sub>x</sub>-Sensor sein, welcher mit einer Lambdamessfunktion ausgestattet ist. In jedem Fall stellt die Messeinrichtung 20 ein von einem Sauerstoffanteil des Abgases abhängiges Signal U<sub>λ</sub> bereit. Dieses Signal U<sub>λ</sub> wird an ein Motorsteuergerät 22 übermittelt, in welchem es digitalisiert und weiterverarbeitet wird. Weitere, den Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine 10 betreffende Informationen finden ebenfalls Eingang in das Motorsteuergerät 22. In dem Motorsteuergerät 22 ist eine Steuereinheit 24 integriert, in welcher ein Algorithmus zur Durchführung des Verfahrens zur NO<sub>x</sub>-Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators 18 hinterlegt ist. Das Motorsteuergerät 22 und die Steuereinheit 24 sind in der Lage, mindestens einen Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 10, insbesondere ein zuzuführendes Luft-Kraftstoff-Gemisch (Verbrennungslambda), in Abhängigkeit von dem Signal U<sub>λ</sub> der Messeinrichtung in noch zu erläuternder Weise zu beeinflussen.

[0021] Fig. 2 zeigt den zeitlichen Verlauf verschiedener Parameter der Verbrennungskraftmaschine 10 sowie der Abgasanlage 12 während einer NO<sub>x</sub>-Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators 18, die nach einem herkömmlichen Verfahren durchgeführt wird. Zunächst befindet sich die Verbrennungskraftmaschine 10 in einem mageren Betriebsmodus, in dem ihr ein sauerstoffreiches Luft-Kraftstoff-Gemisch mit  $\lambda_M > 1$  zugeführt wird (Graph 100). In dieser Phase enthält das Abgas einen Überschuss an Stickoxiden NO<sub>x</sub>, die durch den Vorkatalysator 16 nicht vollständig konvertiert werden können. NO<sub>x</sub> wird daher in den NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator 18 eingelagert, dessen NO<sub>x</sub>-Beladung dabei kontinuierlich zunimmt (Graph 102). Anhand eines geeigneten Kriteriums wird zu einem Zeitpunkt t<sub>A</sub> eine NO<sub>x</sub>-Regenerationsnotwendigkeit erkannt. Dies kann beispielsweise ein, durch die Messeinrichtung 20 detekterter NO<sub>x</sub>-Durchbruch sein. Infolgedessen wird die Verbrennungskraftmaschine 10 durch Einflussnahme des Motorsteuergerätes 22 in einen fetten Betriebsmodus umgeschaltet mit  $\lambda_F < 1$ . Infolge des nunmehr erhöhten Massenstroms der Reduktionsmittel CO und HC im Abgas wird das im NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator 18 eingelagerte NO<sub>x</sub> desorbiert und zu Stickstoff reduziert. Eine Abnahme der NO<sub>x</sub>-Beladung (Graph 102) des Speicherkatalysators 18 ist jedoch erst nach einer gewissen zeitlichen Verzögerung nach Umschaltung der Verbrennungskraftmaschine 10 zu verzeichnen, da zum Zeitpunkt t<sub>A</sub> der Abgaskanal 14 noch mit magerem Abgas gefüllt ist, welches zunächst noch den Speicherkatalysator 18 passieren muss, ehe die Reduktionsmittel diesen erreichen. Der Verlauf der NO<sub>x</sub>-Regeneration wird währenddessen mit Hilfe des von der Messeinrichtung 20 bereitgestellten Signals U<sub>λ</sub> – in der Regel eine Spannung – verfolgt. Die Sondenspannung U<sub>λ</sub> (Graph 104) verhält sich umgekehrt proportional zu einer Sauerstoffkonzentration des Abgases stromab des Speicherkatalysators 18. Da mit fortschreitender Regeneration die Reduktionsmittel in immer geringerem Ausmaß verbraucht werden, steigt das Signal U<sub>λ</sub> der Messeinrichtung 20 langsam an. Zu einem Zeitpunkt t<sub>E</sub> erreicht das Signal U<sub>λ</sub> einen vorgegebenen Schwellenwert U<sub>S</sub>, woraufhin die Verbrennungskraftmaschine 10 im Allgemeinen wieder in einen mageren Betriebsmodus mit  $\lambda_M > 1$  umgeschaltet wird. Zum Zeitpunkt des Regenerationsendes t<sub>E</sub> befindet sich jedoch noch Abgas mit einem hohen Reduktionsmittelanteil in dem Abgaskanal 14 zwischen der Verbrennungskraftmaschine 10 und dem Speicherkatalysator 18.

Dieses durchströmt den nunmehr praktisch NO<sub>x</sub>-freien Speicherkatalysator 18 und gelangt unkonvertiert in die Umwelt. Der Verlauf der stromab des Katalysators gemessenen Konzentration von Kohlenmonoxid CO und unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC (Graph 106) zeigt daher nach Regenerationsende t<sub>E</sub> noch einen unerwünscht hohen Anstieg.

[0022] Um diese Emission von Schadstoffen zu verringern, wird erfindungsgemäß ein anderer Ansatz verfolgt, um das Regenerationsende t<sub>E</sub> zu bestimmen. Dieser ist in Fig. 3 dargestellt, wobei der zeitliche Verlauf der gleichen Parameter wie in Fig. 2 gezeigt ist. Nach Beginn der Regeneration zum Zeitpunkt t<sub>A</sub> wird zunächst das Signal U<sub>λ</sub> der Messeinrichtung 20 (Graph 104) in bekannter Weise gemessen und aufgezeichnet. Nach Verstreichen einer vorgegebenen Zeitspanne beginnt die Steuereinheit 24 zu einem Zeitpunkt t<sub>AH</sub> mit einer Hochrechnung des Signals U<sub>λ</sub>. Dies geschieht anhand verschiedener Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 10 sowie der Abgasanlage 12. Ferner können Verhaltensmodelle des Speicherkatalysators 18 sowie der Messeinrichtung 20 bei der Hochrechnung berücksichtigt werden. Auf Basis des hochgerechneten Signalverlaufes wird ein Zeitpunkt t<sub>S</sub> bestimmt, an dem der vorgegebene Signalschwellenwert U<sub>S</sub> theoretisch erreicht wird. Anhand ausgewählter Betriebsparameter berechnet die Steuereinheit 24 ferner eine Zeitspanne Δt, die der aktuellen Abgaslaufzeit, die das Abgas bis zum Erreichen des Speicherkatalysators benötigt, entspricht. Durch Subtraktion der Abgaslaufzeit Δt von dem Zeitpunkt t<sub>S</sub> wird dann der Zeitpunkt des Regenerationsendes t<sub>E</sub> bestimmt. Während des Zeitraumes T<sub>H</sub> wird anhand aktueller Betriebsparameter und anhand des tatsächlichen Signalverlaufes U<sub>λ</sub> die Hochrechnung und damit das Regenerationsende t<sub>E</sub> ständig aktualisiert. Ist das so bestimmte Regenerationsende t<sub>E</sub> erreicht, wird die Verbrennungskraftmaschine 10 wieder in den mageren Betriebsmodus mit λ<sub>M</sub> umgeschaltet. Zu diesem Zeitpunkt liegt in dem Speicherkatalysator 18 noch eine geringe Menge eingelagertes NO<sub>x</sub> vor (Graph 102), welches ausreicht, um die restlichen, im Abgas enthaltenen Reduktionsmittel zu konvertieren. Folglich werden stromab des Speicherkatalysators 18 nach dem Regenerationsende t<sub>E</sub> nur noch sehr geringe Anteile an Schadstoffen gemessen (Graph 106).

## BEZUGSZEICHENLISTE

10 Verbrennungskraftmaschine	45
12 Abgasanlage	
14 Abgaskanal	
16 Vorkatalysator	
18 NO <sub>x</sub> -Speicherkatalysator	50
20 sauerstoffempfindliche Messeinrichtung	
22 Motorsteuergerät	
24 Steuereinheit	
100 Verbrennungslambda	
102 NO <sub>x</sub> -Beladung des NO <sub>x</sub> -Speicherkatalysators	55
104 Signalverlauf (U <sub>λ</sub> ) der Messeinrichtung	
106 Reduktionsmittelgehalt im Abgas	
t <sub>A</sub> Regenerationsbeginn	
t <sub>E</sub> Regenerationsende	
t <sub>S</sub> Zeitpunkt der Schwellenwertüberschreitung	60
t <sub>AH</sub> Hochrechnungsbeginn	
T <sub>H</sub> Hochrechnungsdauer	
Δt Abgaslaufzeit	
U <sub>λ</sub> Signal der Messeinrichtung	
U <sub>S</sub> Schwellenwert	65
λ <sub>M</sub> Lambdamagerwert	
λ <sub>F</sub> Lambdafeftwert	

## Patentansprüche

1. Verfahren zur NO<sub>x</sub>-Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerlauffähigen Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators, wobei der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer fetten bis stöchiometrischen Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators angeordnete sauerstoffsensitive Messeinrichtung bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, dadurch gekennzeichnet, dass

- (a) während der NO<sub>x</sub>-Regeneration das sauerstoffabhängige Signal (U<sub>λ</sub>) der Messeinrichtung (20) hochgerechnet wird und auf Basis des hochgerechneten Signals ein theoretischer Zeitpunkt (t<sub>S</sub>) bestimmt wird, an dem ein vorgegebener Signalschwellenwert (U<sub>S</sub>) überschritten wird, und
- (b) das Regenerationsende (t<sub>E</sub>) bestimmt wird, indem eine im wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator (18) entsprechende Zeitspanne (Δt) von dem theoretischen Zeitpunkt (t<sub>S</sub>) subtrahiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das sauerstoffabhängige Signal (U<sub>λ</sub>) anhand aktueller Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine (10) und/oder der Abgasanlage (12) hochgerechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das sauerstoffabhängige Signal (U<sub>λ</sub>) in Abhängigkeit eines der Verbrennungskraftmaschine (10) zugeführten Luft-Kraftstoff-Gemisches und/oder eines Abgasmassenstromes und/oder einer Ab gastemperatur und/oder einer Katalysatortemperatur hochgerechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das sauerstoffabhängige Signal (U<sub>λ</sub>) unter Berücksichtigung eines Verhaltensmodells des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (18) hochgerechnet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das sauerstoffabhängige Signal (U<sub>λ</sub>) unter Berücksichtigung eines Verhaltensmodells der sauerstoffempfindlichen Messeinrichtung (20), insbesondere einer Trägheit der Messeinrichtung (20), hochgerechnet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochrechnung nach einem Verstreichen einer vorgegebenen Zeit nach Beginn der Regeneration und/oder nach Durchsatz einer vorgegebenen Abgasmasse und/oder nach Überschreiten einer vorgegebenen Schwelle des Signals (U<sub>λ</sub>) beginnt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgaslaufzeit (Δt) anhand aktueller Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine (10) berechnet wird oder vorgegeben wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochrechnung des Signals (U<sub>λ</sub>) unterbleibt, wenn vorgegebene Grenzwerte für Betriebsbedingungen der Verbrennungskraftmaschine (10) und/oder der Abgasanlage (12) nicht eingehalten werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Grenzwerte für den Abgasmassenstrom und/oder für die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators

(18) vorgegeben werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochrechnung des Signals ( $U_\lambda$ ) bei einer Schubabschaltung während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration unterbleibt.

11. Vorrichtung zur Durchführung einer Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerlauftähigen Verbrennungskraftmaschine angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators, wobei der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer fetten bis stöchiometrischen Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine Stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators angeordnete sauerstoffensitive Messeinrichtung bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorhanden sind, mit denen die Verfahrensschritte

(a) Hochrechnung des sauerstoffabhängigen Signals ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung (20) während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration und Bestimmung eines theoretischen Zeitpunktes ( $t_S$ ) auf Basis des hochgerechneten Signals, an dem ein vorgegebener Signalschwellenwert ( $U_S$ ) überschritten wird, und

(b) Bestimmung des Regenerationsendes ( $t_E$ ), indem eine im wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator (18) entsprechende Zeitspanne ( $\Delta t$ ) von dem theoretischen Zeitpunkt ( $t_S$ ) subtrahiert wird, ausführbar sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel eine Steuereinheit (24) umfassen, in der ein Algorithmus zur Steuerung der Verfahrensschritte in digitaler Form hinterlegt ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (24) in ein Motorsteuergerät (22) integriert ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die sauerstoffensitive Messeinrichtung (20) eine Breitband- oder Sprungantwort-Lambdasonde oder einen  $\text{NO}_x$ -Sensor umfasst.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

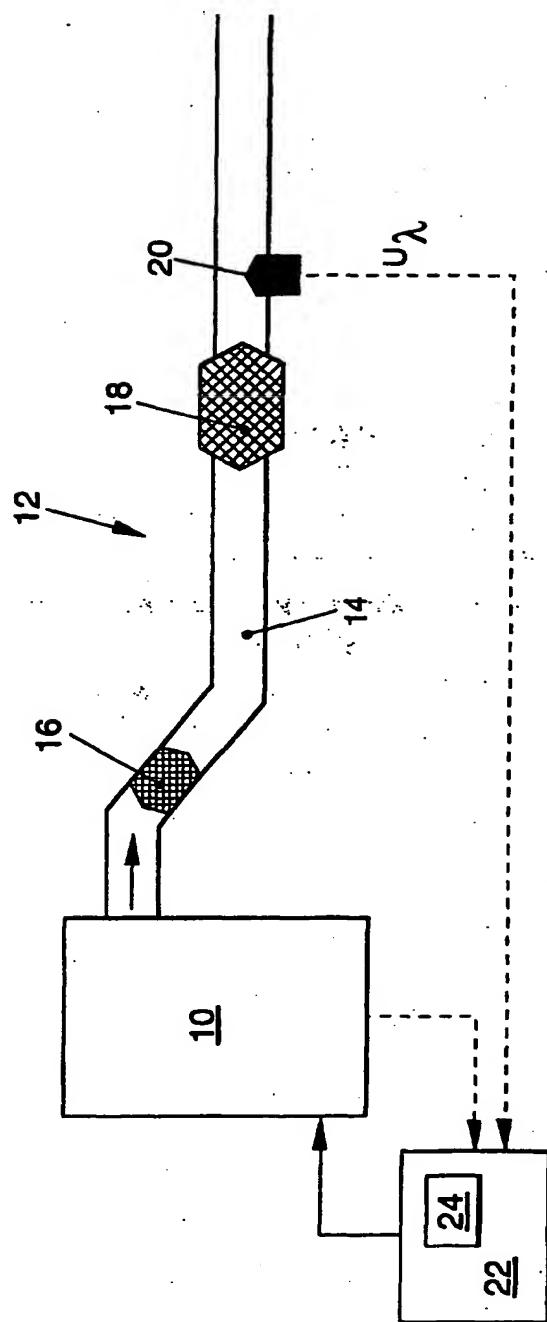


FIG. 1

